

يسمى [؟؟] بتؤسس التباديل للمؤثرين  $\hat{A}$  و  $\hat{B}$ . انا مؤسس التباديل تخضع للقواعد الجبرية الآتية.

$$\begin{aligned} [\hat{A}\hat{B}] &= -[\hat{B}\hat{A}] \\ [\hat{A}, \hat{B}\hat{C}] &= [\hat{A}\hat{B}]\hat{C} + \hat{B}[\hat{A}\hat{C}] \\ [\hat{A}\hat{B}, \hat{C}] &= [\hat{A}\hat{C}]\hat{B} + \hat{A}[\hat{B}\hat{C}] \\ [\hat{A}, [\hat{B}, \hat{C}]] + [\hat{B}, [\hat{C}, \hat{A}]] + [\hat{C}, [\hat{A}, \hat{B}]] &= 0 \end{aligned}$$

من ٢، ٣، ٤  
في ذات الرياضيات  
نقطة المحاضرة الرابعة

ويسمى أي مؤثرين يحققه المعادلة (14) بالمؤثرين المتبادلين، وطبقاً له أقوى، انا أي مؤثرين لها ناتج ذاتي مشترك متبادله.

- فضاء هيلبرت والموال (التوالي) المتعامدة.

من المعروف أنه الفضاء العادي يمكنه وصفه بواسطة مجموعة الأساسيات المتعامدة (المركبات) والتي تكون مترتبة محاور متعامدة بعضها البعض، وهذا له نتيجتان أساسية هي  $\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3$  منطبقه على المحاور  $x, y, z$  على التوالي وكل مقدار من هذه واحدة وبالاتجاه الموجب لهذه المحاور وهذه المتجهات تحقق العلاقات التالية:

$$\vec{e}_i \cdot \vec{e}_j = \delta_{ij} \quad \text{و} \quad |\vec{e}_i| = 1 \quad i, j = 1, 2, 3$$

وبالتالي يمكن تمثيل أي متجه في هذا الفضاء بعد طريق الجمع الخطي للمتجهات الأساسية على التوالي:

$$\vec{r} = \vec{e}_1 x + \vec{e}_2 y + \vec{e}_3 z$$

حيث  $x, y, z$  هي مساهمة المتجه  $(\vec{r})$  على المحاور  $\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3$  على التوالي، وهذه هي عبارة لمركبات المتجه. وبذلك فانه المتجهات الأساسية  $\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3$  تولد فضاء ثلاثي الأبعاد لمتجهات الموضع. كما أنه يمكن كتابة متجه الموضع على التوالي:

$$\vec{r} = \sum_{i=1}^3 \vec{e}_i x_i$$

حيث  $x_i$  تمثل المساهمة و  $\vec{e}_i$  المتجهات الأساسية.

يمكن تقسيم هذا الموضع لقطعة ملائمة لتقريب الميكانيك الكمي وذلك بأنه نتخذ عددًا غير محدود من الدوال (وهي المتجهات الأساسية) والتي هي في نفس الوقت هي دوال ذاتية لمؤثر هيرميتي معين: ومنشئت أنه هذه الدوال لا تامة التعامد ونستطيع بواسطتها توليد فضاء جديد لا متناهية الأبعاد، له عدد غير محدود من المحاور، نصفنا فيه الدوال بدلالة المتجهات، ويسمى هذا الفضاء بفضاء هيلبرت. وله الخواص الآتية:

يمكنه التعبير عنه أي  $\psi(\vec{r})$  في فضاء هيلبرت بدلالة الدوال الأساسية التي تولده بطريقة المزج الخطي كالتالي:

$$\psi = \sum_{n=1}^{\infty} C_n U_n(\vec{r})$$